

WC RATIO PADA PERUBAHAN PERILAKU BETON MUTU NORMAL PADA TEMPERATUR TINGGI PASCA KEBAKARAN

Norman Ray

Staf Pengajar Teknik Sipil – ITATS Surabaya

ABSTRACT

The level damage building effect of fire can be determined by some factors those are reached temperature and time duration of happened. Temperature effect of fire will have an effect to physical of concrete. Research to normally quality concrete $f_c' = 30$ Mpa with different wc ratio that is 0,5 :0,55 :0,6 intended to obtain compressive strength, porosity, permeability and unit weight of concrete with fire time duration during 67, 421, 707, 360 minutes to reach temperature 400, 600, 800, 1000 °C.

Results of experimental indicated that at temperature 400 °C until 1000 °C compressive strength decrease especially to concrete with wc ratio is 0,6. From regression analysis compressive strength which remain at temperature 1000 °C for wc ratio 0,5 :0,55 :0,6 respectively is 17 %, 8 %, 5 %. On research of the porosity and permeability increasing its happened, especially to concrete with wc ratio is 0,6. At high temperature unit weight of concrete will be decrease, where the pattern of reduction is similar for all wc ratio.

KeyWords : WC Ratio, Compressive Strength, Porosity, permeability, and Unit Weight

ABSTRAK

Tingkat keparahan bangunan akibat kebakaran, dapat ditentukan oleh beberapa faktor yaitu temperatur yang dicapai dan durasi waktu pada saat terjadi kebakaran berlangsung. Tingginya temperatur akibat kebakaran akan berpengaruh terhadap sifat fisis beton. Penelitian terhadap silinder beton mutu normal $f_c' = 30$ Mpa dengan wc ratio yang berbeda, yaitu 0.50, 0.55, dan 0.60 bertujuan untuk memperoleh data kuat tekan, porositas, permeabilitas, dan berat volume beton dengan durasi waktu kebakaran selama 67 menit untuk mencapai suhu 400° C, 421 menit (600° C), 707 menit (800° C) dan 360 menit (1000° C).

Hasil penyelidikan menunjukkan bahwa pada suhu 400 °C hingga 1000 °C kuat tekan silinder beton menurun terutama pada beton dengan wc ratio 0,6. Dari hasil regresi, nilai kuat tekan yang tersisa (*residu strength*) pada suhu 1000°C, untuk WC Ratio 0.50, 0.55, dan 0.60 berturut-turut adalah 17 %, 8%, dan 5%. Pada penyelidikan porositas dan permeabilitas terjadi peningkatan terutama pada beton dengan wc ratio 0,6. Pada temperatur tinggi berat volume beton mengalami pola penurunan yang hampir serupa untuk masing wc ratio.

Kata kunci : WC Ratio, Kuat tekan, Porositas, Permeabilitas, dan Berat volume

PENDAHULUAN

Kebakaran adalah penyebab utama hancurnya struktur bangunan dan hilangnya umur bangunan. Menurut data statistik 1978 – 1992 peristiwa kebakaran semakin tahun menunjukkan intensitas yang meningkat dimana terjadi 2050 peristiwa kebakaran tiap tahun di lima kota besar di Indonesia (Pusat penelitian dan Pengembangan Pemukiman Departemen Pekerja Umum Bandung 2000). Ditinjau dari jenis bangunan yang terbakar, bangunan tempat tinggal menempati urutan pertama dengan jumlah kejadian 62 %, bangunan Industri 15 %, pertokoan 11 %, Perkantoran 7 %, dan lainnya 5 %. Penyebab kebakaran tersebut diakibatkan oleh banyak hal antara lain faktor kelalaian manusia, instalasi listrik, penggunaan bahan yang mudah terbakar.

Dari studi sebelumnya pada saat kebakaran, suhu yang dapat dicapai pada suatu ruangan gedung yang terbakar adalah $\pm 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Amir Partowiyatmo 1996). Penelitian yang lain menunjukkan bahwa lama berlangsungnya kebakaran umumnya lebih dari 1 jam dan pengamatan secara acak dilakukan terhadap rata – rata 3,01 jam, sehingga kebakaran

sering berakibat fatal (Pusat penelitian dan Pengembangan Pemukiman Departemen Pekerja Umum Bandung 1994 / 1995).

Bila kebakaran terjadi pada suatu konstruksi beton bertulang maka struktur kolom, balok, lantai, dinding akan mengalami siklus pemanasan dan pendinginan. Karena adanya fase secara fisik maupun kimia yang kompleks. Akibatnya dengan adanya perubahan mikrostruktur beton dan secara keseluruhan maka terjadi perubahan perilaku material beton yang mengakibatkan menurunnya kekuatan struktur, perubahan nilai modulus elastisitas, perubahan sifat porositas, perubahan sifat permeabilitas, serta perubahan komposisi senyawa material beton.

TUJUAN

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh besarnya temperatur (beban termal 25,400,600,800,1000 $^{\circ}\text{C}$) pada saat terjadi kebakaran terhadap perilaku atau sifat fisis material beton (silinder $\phi=10\text{ cm}$ dan tinggi 20 cm) terutama penurunan kekuatan beton (residual strength), porositas, permeabilitas,

WC RATIO PADA PERUBAHAN PERILAKU BETON MUTU NORMAL
PADA TEMPERATUR TINGGI PASCA KEBAKARAN
(Norman Ray)

berat volum silinder beton pada W/C ratio yang berbeda (0,50 ; 0,55 ; 0,60).

TEORI

Kebakaran adalah sebuah proses kimia, yaitu oksidasi dari suatu material organik. Material organik adalah material yang mengandung unsur karbon pada susunan molekulnya. Oksidasi dari material organik ini akan menghasilkan unsur karbon, hydrogen, belerang serta cahaya dan panas. (The Aqua Group).

Peningkatan temperatur pada saat terjadi kebakaran menyebabkan perubahan pada sifat material dari sebuah struktur. Perubahan sifat ini dapat digunakan untuk memperkirakan temperatur yang terjadi pada saat terjadi kebakaran. Sifat material (material property) secara umum dapat digolongkan menjadi 4 kelompok / golongan (HL Malhotra 1982) yaitu : 1. Kimia (*Decomposition ; Charring*) 2. Fisik (*Density ; Expansion ; Softening ; Melting ; Spalling*) 3. Mekanik (*Strength ; Elasticity ; Strain ; Creep*) 4. Panas (*Conductivity ; Specific Heat*).

Integritas dari kekuatan struktur dari suatu material bangunan sangat dipengaruhi oleh penampakan

(*exposure*) terhadap lingkungannya. Eksposure terhadap panas yang sangat tinggi akan mengakibatkan berubahnya kinerja material yang disebabkan akibat adanya perubahan sifat material (property) dari material tersebut. Hal yang tak terkecuali juga terjadi pada material beton. Peningkatan temperature akibat kebakaran menyebabkan material beton mengalami perubahan sifat.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan bahwa beton mempunyai sifat tidak dapat dibakar (*non combustible*) akan tetapi kekuatan tekan dan modulus elastisitasnya akan sangat terpengaruh oleh panas (Schnider 1989, dan Achmad Hidayat Effendi 2001)

Sifat – sifat beton pada suhu tinggi dipengaruhi oleh jenis agregat penyusunnya. Kebanyakan beton struktural dapat digolongkan ke dalam tiga jenis agregat : karbonat, silikat, dan beton berbobot ringan. Agregat karbonat meliputi batu kapur dan dolomit dan dimasukkan dalam satu golongan karena kedua zat ini mengalami perubahan susunan kimia pada suhu antara 700° C sampai 980° C. Agregat silikat yang meliputi granit,

kuarsit, batu pasir, schist dan bahan lain yang mengandung banyak silikat tidak mengalami perubahan kimia pada suhu yang biasa dijumpai dalam kebakaran. Beton yang beragregat silikat tidak menunjukkan perubahan volume atau sifat fisika lainnya secara tiba – tiba. Baik beton dengan agregat karbonat maupun silikat umumnya memiliki berat volume berkisar 2200 – 2400 Kg/m³ dan agregat berbobot ringan 1400 – 1900 Kg/m³. Agregat berbobot ringan bisa diproduksi dengan mengekspansi batu karang, batu tulis, tanah liat, terak atau batu apung atau terjadi alami. Batu tulis, tanah liat dan karang yang diekspansi dipanasi sampai sekitar 1040° C sampai 1100° C selama pembuatan. Pada suhu ini agregat tersebut menjadi cair. Akibatnya agregat berbobot ringan ini yang berada dekat permukaan beton yang mulai melunak setelah terbakar selama sekitar 4 jam. Dalam praktek pengaruh pelunakan ini umumnya kecil. Permeabilitas beton adalah pergerakan air dari suatu permukaan ke permukaan yang lain karena adanya perbedaan kelembaban antara kedua permukaan tersebut. Permeabilitas disebabkan adanya pori – pori diantara pasta semen dan agregat. Rongga yang besar ditemukan pada kualitas beton

yang kurang baik karenanya, kurangnya pemadatan dan terjadinya bleeding pada saat pembuatan beton. Dalam kasus ekstrim volume rongga dapat mencapai 10 % dari volume beton. Beton segar lebih bersifat permeabilitas dibanding beton yang telah mengeras, karena di dalam pasta semen yang masih segar aliran air dikontrol oleh ukuran, bentuk dan jumlah butiran semen. Pada pasta semen yang telah mengeras permeabilitas tergantung pada ukuran, bentuk dan jumlah partikel gel dan apakah kapilaritas pasta semen berhenti atau tidak. Permeabilitas beton dapat dikurangi dengan meningkatkan kadar semen dalam beton atau mengurangi factor air semen. Permeabilitas dapat diukur dengan menggunakan hukum D'arcy's (Portland Cemen Association 1980), yaitu

$$\frac{Q}{A} = Ke \cdot \frac{H}{L} \dots\dots\dots(1)$$

dimana :

Q = Debit Aliran (ft³/ detik)

A=Luas Penampang melintang yang ditekan (ft²)

H/L=Rasio ketinggian tekanan air dan panjang perembesan

Ke= Koefisien Permeabilitas beton

WC RATIO PADA PERUBAHAN PERILAKU BETON MUTU NORMAL
PADA TEMPERATUR TINGGI PASCA KEBAKARAN
(Norman Ray)

METODE PENELITIAN

Untuk penelitian ini dipakai benda uji berbentuk silinder dengan \varnothing 10 cm dan t =20 cm Benda uji direncanakan dengan mutu $f'c$ = 30 Mpa dan dibagi menjadi tiga kelompok WC Ratio yang berbeda (0,50, 0,55, dan 0,60) untuk uji kuat tekan, berat jenis, porositas, dan permeabilitas. Pengujian di atas dilakukan pada umur benda uji setelah 28 hari. Pemilihan dan pengujian material untuk beton ditentukan berdasarkan ASTM , adapun jenis material yang dipakai adalah pasir dan kerikil dari Mojokerto Jawa Timur dan semen tipe I merk Semen Gresik produksi PT Semen Gresik (Persero) Tbk. Pengetesan / pengujian beton, meliputi

Pembakaran pada suhu 400° C, 600° C, 800° C, 1000° C yang dilakukan di dalam tungku bakar / ruang pembakar, Tungku pembakar terbuat dari bata tahan api yang dilapisi pelat baja dengan pengaku pada bagian luar serta glass wool (bahan tahan api) pada bagian dalam. Ukuran / dimensi tungku adalah 100 x 100 x 100 cm³ dan dilengkapi satu buah mesin pembakar (*burner machine*)

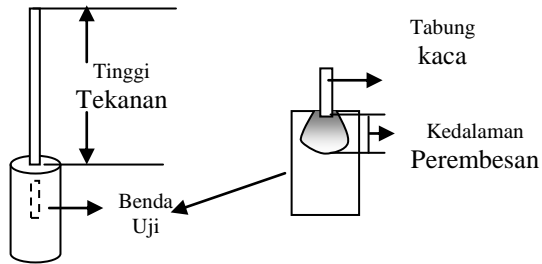
serta satu buah alat pengontrol suhu (*Thermocouple*). Tes pembakaran dari suatu material mengikuti standar kurva hubungan antara durasi / waktu yang dibutuhkan pembakar dengan kenaikan suhu pembakar (JIS A 1304-1975 Tabel 4).

Uji kuat tekan, Uji porositas, Uji permeabilitas, Uji Berat Volume Pengujian mekanik beton dilakukan di Laboratorium Teknik Beton ITATS Surabaya. Pengujian meliputi uji Kuat tekan, Berat jenis, Porositas dan Permeabilitas. Sedangkan pengujian kebakaran dilakukan di CV. BENTENG API Jl. Raya Driyo Rejo Gresik.

Pembakaran benda uji dilakukan di dalam tungku sampai suhunya homogen / konstan terdistribusi dan mencapai pada suhu yang diinginkan. Kenaikan temperatur dibaca setiap interval kurang dari 5 menit hingga mencapai suhu yang direncanakan (JIS A 1304-1975)

Benda uji yang telah diuji pembakaran, selanjutnya dilakukan uji kuat tekan, berat volume, porositas, dan permeabilitas. Adapun tujuan dari tes permeabilitas adalah untuk mengukur kadar pori spesimen beton setelah dibakar pada suhu yang

berbeda dengan memakai rumus D'Arcy's.



Gambar 1 Pengujian Permeabilitas

Percobaan dilakukan dengan mengamati penurunan selama 24 jam. Perhitungan kedalaman perembesan air didalam beton diukur dalam arah vertikal tanpa memperhitungkan arah ke samping seperti disajikan pada gambar 1. Debit aliran didapatkan dengan menggunakan rumus.

$$Q = \frac{\text{Penurunan Tekanan Air} \times \text{Luas Penampang Tekan}}{\text{Lama Pengamatan}}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

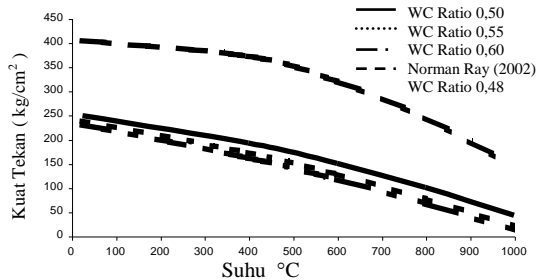
Hasil Uji Kuat Tekan

Peningkatan beban termal pada suhu di atas 800° C , kuat tekan beton mengalami penurunan yang sangat drastis dimana sudut kemiringan (gradien) kurva menunjukkan

kecenderungan yang menurun. Dari hasil analisa regresi, kuat tekan untuk :

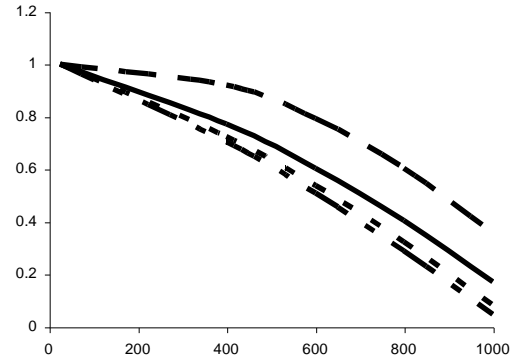
- WC Ratio 0,50 pada suhu normal 25° C kuat tekan beton masih berkisar 248,585 kg/cm², sedangkan pada suhu 400° C menjadi 191,81 kg/cm², pada suhu 600° C menjadi 150,03 kg/cm² , pada suhu 800° C menjadi 100,25 kg/cm² pada suhu 1000° C menjadi 42,47 kg/cm².
- WC Ratio 0,55 pada suhu normal 25° C kuat tekan beton masih berkisar 237,48 kg/cm², sedangkan pada suhu 400° C menjadi 171,63 kg/cm², pada suhu 600° C menjadi 127,31 kg/cm² , pada suhu 800° C menjadi 6,59 kg/cm² pada suhu 1000° C menjadi 19,47 kg/cm²
- WC Ratio 0,60 pada suhu normal 25° C kuat tekan beton masih berkisar 228,9113 kg/cm², sedangkan pada suhu 400° C menjadi 160,68 kg/cm², pada suhu 600° C menjadi 116,24 kg/cm² , pada suhu 800° C menjadi 66,2 kg/cm² pada suhu 1000° C menjadi 10,56 kg/cm²

WC RATIO PADA PERUBAHAN PERILAKU BETON MUTU NORMAL
PADA TEMPERATUR TINGGI PASCA KEBAKARAN
(Norman Ray)



Gambar 2 Perbandingan Hasil Regresi Kuat Tekan Beton Dengan WC Ratio 0,50, 0,55, 0,60 Pada Temperatur Tinggi Setelah Pendinginan

Pada gambar 2 terlihat pola penurunan kekuatan beton dari hasil penyelidikan sebelumnya yaitu Norman Ray (2002) yang dilakukan terhadap specimen silinder dengan ukuran tinggi 30 cm dan diameter 15 cm dengan mutu $f_c' = 30$ Mpa nampak terlihat penurunan dari kuat tekan beton sejajar antara WC Ratio 0,48 , 0,50 , 0,55 , dan 0,60. Dari keempat WC Ratio yang berbeda dengan mutu yang sama tersebut, terlihat bahwa WC Ratio yang terkecil lebih besar kuat tekannya dari WC Ratio yang terbesar, hal ini berlaku mulai dari suhu normal yaitu 25° C sampai suhu 1000°C.



Gambar 3 Perbandingan Prosentase Reduksi Kuat Tekan Beton Dengan WC Ratio 0,50, 0,55, 0,60 Pada Temperatur Tinggi Setelah Pendinginan

Pada gambar 3 ditampilkan prosentase reduksi kuat tekan maksimum beton terhadap peningkatan temperatur kebakaran dimana pada :

- WC Ratio 0,50 pada suhu 400° C kuat tekan beton tereduksi sebesar 23 %, pada suhu 600° C kuat tekan beton tereduksi sebesar 40 %, pada suhu 800° C kuat tekan beton tereduksi sebesar 60 %, pada suhu 1000° C kuat tekan beton tereduksi sebesar 83 %.

- WC Ratio 0,55 pada suhu 400° C kuat tekan beton tereduksi sebesar 28 %, pada suhu 600° C kuat tekan beton tereduksi sebesar 46 %, pada suhu 800° C kuat tekan beton tereduksi sebesar 68 %, pada suhu 1000° C kuat tekan beton tereduksi sebesar 92 %.
- WC Ratio 0,60 pada suhu 400° C kuat tekan beton tereduksi sebesar 30 %, pada suhu 600° C kuat tekan beton tereduksi sebesar 49 %, pada suhu 800° C kuat tekan beton tereduksi sebesar 71 %, pada suhu 1000° C kuat tekan beton tereduksi sebesar 95 %.

Dari bentuk kurva yang terjadi apabila dibandingkan dengan hasil penyelidikan Norman Ray (2002) menunjukkan kecenderungan bahwa semakin kecil nilai WC Ratio, maka nilai Kuat tekan yang tersisa semakin besar dan ini berarti reduksi (pengurangan nilai kekuatan awal beton) yang terjadi semakin kecil, hal ini nampak pada suhu 950° C - 1000° C kuat tekan beton dengan WC Ratio 0,48 masih tersisa 36 %, WC Ratio 0,50 masih tersisa 17 %, WC Ratio 0,55 masih tersisa 8 %, WC Ratio 0,60 masih tersisa 5 %.

Benda uji yang dipanaskan hingga di atas 800° C, mengalami degradasi berupa pengurangan kekuatan yang cukup signifikan yang mungkin tidak akan kembali lagi (*recovery*) setelah proses pendinginan. Tingginya kehilangan kekuatan dan dapat tidaknya kekuatan material kembali seperti semula ditentukan oleh jenis material yang digunakan, tingkat keparahan pada proses kebakaran dan lama waktu pembakaran. Tingginya tingkat keparahan (temperatur) dan lamanya waktu pembakaran menyebabkan berkurangnya kekuatan tekan suatu material beton, terlebih lagi timbulnya tegangan geser dalam (*Internal Shear Stress*) sebagai akibat adanya perbedaan sifat thermal antara semen dan agregat. Fenomena yang dapat dilihat pada beton yang terkena beban panas (kebakaran) yang ekstrim adalah terjadinya *explosive spalling*, *sloughing off* (pengelupasan), *retak rambut* dan *retak lebar* serta *warna beton*.

Dari pengamatan secara visual dapat diperkirakan suhu yang pernah dialami oleh beton. Warna beton yang terbakar, dapat menentukan tingkat kebakaran, seperti warna mulai merah hingga putih dapat menunjukkan bahwa kebakaran tersebut cukup parah seperti

WC RATIO PADA PERUBAHAN PERILAKU BETON MUTU NORMAL
PADA TEMPERATUR TINGGI PASCA KEBAKARAN
(Norman Ray)

yang disajikan pada tabel 1 Dari tabel tersebut ditunjukkan hasil pengamatan perbedaan warna beton dan kondisi permukaan spesimen beton setelah mengalami kebakaran dibandingkan dengan hasil penelitian oleh Adang Surahman, **dkk** (1998) dan Norman Ray (2002).

Tabel 1. Pengamatan Warna Beton pada temperatur tinggi

Suhu C	Hasil Pengujian		Adang S (1998)	Norman Ray (2002)
	Kondisi	Warna Beton	Warna Beton	Warna Beton
0	Normal	Normal	-	Normal
400	Sedikit retak retak	Coklat Muda	Merah jambu	Coklat muda
600	Retak rambut	Merah Coklat	Merah jambu putih	Merah jambu
800	Retak besar	Putih Keabuan	Putih keabuan	Putih keabuan
1000	<i>Spalling, Sloughing off</i>	Putih Kecoklata n	Kuning muda	Putih

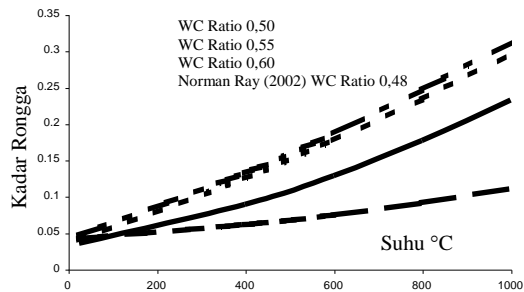
pembakaran, dimana porositas beton untuk :

- WC Ratio 0,50 pada suhu normal 25° C (0,03496), pada suhu 400° C (0,0884), pada suhu 600° C (0,1284), pada suhu 800° C (0,1764), pada suhu 1000° C (0,2324).
- WC Ratio 0,55 pada suhu normal 25° C (0,03984), pada suhu 400° C (0,1244), pada suhu 600° C (0,1764), pada suhu 800° C (0,2332), pada suhu 1000° C (0,2948).
- WC Ratio 0,60 pada suhu normal 25° C (0,04594), pada suhu 400° C (0,1321), pada suhu 600° C (0,1861), pada suhu 800° C (0,2457), pada suhu 1000° C (0,3109).

Pada hasil pengujian diatas terlihat bahwa semakin tinggi temperatur pembakaran, maka porositas beton makin besar, hal ini dapat berakibat beton menjadi keropos. Porositas juga menunjukkan korelasi terhadap kuat tekan beton.

Hasil Uji Porositas

Porositas beton (kadar rongga) memiliki kecenderungan meningkat dengan semakin tingginya temperatur



Gambar 4 Perbandingan Hasil Regresi Porositas Beton Dengan WC Ratio 0,50 ;0,55; 0,60 Pada Temperatur Tinggi Setelah Pendinginan

Semakin kecil porositas beton semakin besar nilai kuat tekan beton. Hal ini dapat dibuktikan pada gambar 4, dimana peningkatan temperatur pembakaran menyebabkan angka porositas beton meningkat akan tetapi nilai kuat tekan beton berkurang. Kondisi tersebut disebabkan beton yang dibakar akan terjadi penguapan air bebas dalam pori – pori kapiler yang berukuran besar, kemudian disusul air dalam pori – pori gel yang lebih kecil ukurannya tapi terikat gesekan lebih kuat. Molekul air yang akan keluar (migrasi) terhalang, maka terjadi gesekan dengan pori – pori beton akibatnya timbul retak – retak mikro, sehingga porositas beton meningkat.

Dengan meningkatnya porositas, maka kuat tekan beton menjadi turun dan kerusakan struktur beton.

Pada gambar 4 terlihat pola kenaikan porositas beton dari hasil penyelidikan terlihat bahwa WC Ratio 0,50 lebih kecil kenaikannya dibandingkan dengan WC Ratio 0,55 dan 0,60. Hal ini berarti semakin kecil WC Ratio, semakin kecil juga kenaikan nilai porositasnya. Kenyataan ini juga diperkuat oleh penyelidikan sebelumnya yaitu Norman Ray (2002) yang dilakukan terhadap specimen silinder dengan ukuran tinggi 6,5 cm, diameter 10 cm dengan mutu K 300 dan WC Ratio 0,48. Dari keempat WC Ratio yang berbeda dengan mutu yang sama tersebut, terlihat bahwa WC Ratio yang terkecil memiliki kecenderungan kenaikan nilai porositas beton yang lebih kecil.

Hasil Uji Permeabilitas

Pengukuran permeabilitas ini bertujuan untuk mengetahui angka kecepatan peresapan / perembesan air di dalam beton dan permeabilitas berhubungan dengan kedap air beton, bila beton semakin rapat atau dikatakan memiliki kedap air yang baik berarti

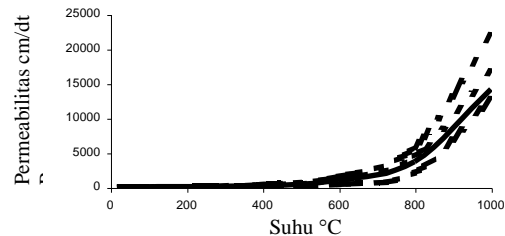
WC RATIO PADA PERUBAHAN PERILAKU BETON MUTU NORMAL
PADA TEMPERATUR TINGGI PASCA KEBAKARAN
(Norman Ray)

permeabilitasnya semakin kecil. Hasil pengujian permeabilitas menunjukkan bahwa peningkatan temperatur menyebabkan permeabilitas beton meningkat, dimana permeabilitas beton untuk :

- WC Ratio 0,50 pada suhu 25° C , 400° C, 600° C, 800° C, 1000° C berturut – turut adalah $20,55 \cdot 10^{-8}$ cm/dt, $253,49 \cdot 10^{-8}$ cm/dt, $968,08 \cdot 10^{-8}$ cm/dt, $3697,16 \cdot 10^{-8}$ cm/dt, $14119,6 \cdot 10^{-8}$ cm/dt
- WC Ratio 0,55 pada suhu 25° C , 400° C, 600° C, 800° C, 1000° C berturut – turut adalah $26,75 \cdot 10^{-8}$ cm/dt, $317,83 \cdot 10^{-8}$ cm/dt, $1189,78 \cdot 10^{-8}$ cm/dt, $4453,86 \cdot 10^{-8}$ cm/dt, $16672,69 \cdot 10^{-8}$ cm/dt
- WC Ratio 0,60 pada suhu 25° C , 400° C, 600° C, 800° C, 1000° C berturut–turut adalah $31,89 \cdot 10^{-8}$ cm/dt, $393,37 \cdot 10^{-8}$ cm/dt, $1502,31 \cdot 10^{-8}$ cm/dt, $5737,4 \cdot 10^{-8}$ cm/dt, $21911,4 \cdot 10^{-8}$ cm/dt

Akibat kekedapan beton berkurang, sehingga penetrasi air ke dalam beton lebih besar, hal ini menjadikan beton tidak tahan terhadap serangan dari luar lingkungannya.

Pada gambar 5 akan disajikan pola kenaikan permeabilitas beton, dimana pada hasil penyelidikan terlihat bahwa WC Ratio yang terbesar memiliki kecenderungan peningkatan permeabilitas yang besar pula, demikian juga sebaliknya WC Ratio yang terkecil memiliki kecenderungan peningkatan permeabilitas yang kecil. Hal tersebut juga terlihat dari hasil penyelidikan



Gambar 5. Perbandingan Hasil Regresi Permeabilitas Beton Dengan WC Ratio 0,50, 0,55, 0,60 Pada Temperatur Tinggi Setelah Pendinginan

sebelumnya yaitu Norman Ray (2002) yang dilakukan terhadap spesimen silinder dengan ukuran tinggi 10 cm dan diameter 15 cm dengan mutu yang

sama yaitu K 300, nampak terlihat bahwa nilai permeabilitas beton dengan peningkatan yang terbesar dibandingkan dengan WC Ratio 0,55 , 0,50 dan 0,48. Dari keempat WC Ratio tersebut nilai Permeabilitas beton mengalami kenaikan yang drastis menjadikan beton tidak tahan terhadap serangan dari luar lingkungan.

Hasil Uji Berat Volume

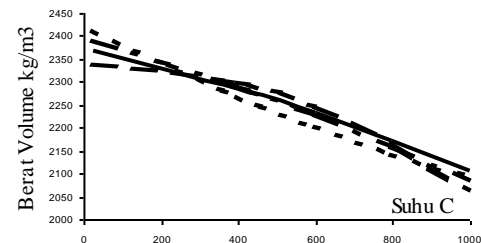
Berat volume memiliki kecenderungan menurun dengan semakin tingginya temperatur pembakaran, dimana berat volume beton tanpa dibakar untuk :

- WC Ratio 0,50 pada suhu 25° C , 400° C, 600° C, 800° C, 1000° C berturut – turut adalah 2366,59 kg/m³, 2283,98 kg/m³, 2230,72 kg/m³, 2171,06 kg/m³, 2105 kg/m³.
- WC Ratio 0,55 pada suhu 25° C , 400° C, 600° C, 800° C, 1000° C berturut – turut adalah 2412,09 kg/m³, 2267,88 kg/m³, 2201,32 kg/m³, 2141,96 kg/m³, 2089,8 kg/m³.
- WC Ratio 0,60 pada suhu 25° C , 400° C, 600° C, 800° C, 1000° C berturut – turut adalah 2387,305 kg/m³, 2288,38 kg/m³, 2226,42 kg/m³, 2158,06 kg/m³, 2083,3 kg/m³.

Pada gambar 6. terlihat Penurunan Berat Volume beton dari suhu normal yaitu 25° C sampai suhu 1000° C,

WC Ratio 0,60 mengalami

dimana hasil tersebut juga diperkuat oleh penyelidikan sebelumnya yaitu Norman Ray (2002) juga menunjukkan gejala yang sama yaitu menurunnya berat volume beton pada kenaikan suhu. Untuk berat volume dengan WC Ratio 0,50 dapat terlihat bahwa pada suhu 25° C nilai berat volume beton sangat kecil bila dibandingkan dengan WC Ratio 0,55 dan 0,60 , namun pada suhu 1000° C berat volume beton lebih besar dibandingkan dengan WC Ratio 0,55 dan 0,60. Pada WC Ratio 0,50 , 0,55 , dan 0,60



Gambar 6 Perbandingan Hasil Regresi Permeabilitas Beton Dengan

WC

Ratio

0,50, 0,55, 0,60 Pada Temperatur Tinggi Setelah Pendinginan berat

WC RATIO PADA PERUBAHAN PERILAKU BETON MUTU NORMAL
PADA TEMPERATUR TINGGI PASCA KEBAKARAN
(Norman Ray)

volume beton mengalami penurunan yang drastis pada tiap kenaikan temperatur, keadaan ini sedikit berbeda dengan hasil pengujian sebelumnya yaitu Norman Ray (2002) yang hasil pengujiannya terjadi pada suhu diatas suhu 600°C . Hal ini disebabkan terjadinya perbedaan tingkat pemanasan (grade of Heating) pada saat pembakaran dari beberapa penyelidikan yang ada.

SIMPULAN DAN SARAN

Pada suatu struktur bangunan beton yang mengalami kebakaran, kekuatan beton dan perilakunya dipengaruhi oleh variasi temperatur, tingkat pemanasan, durasi pemanasan, jenis dan ukuran agregat. Penelitian terhadap spesimen beton dengan WC Ration 0,50 , 0,55 , dan 0,60 dalam lingkungan beban temperatur 400°C , 600°C , 800°C , 1000°C dengan durasi waktu pembakaran berturut – turut 67 menit, 421 menit, 707 menit, 360 menit akan mengalami hal – hal sebagai berikut :

- Nilai Kuat tekan dengan WC Ratio yang kecil mempunyai perilaku yang baik setelah terbakar.
- Kuat tekan beton akan sangat berkurang secara signifikan pada temperatur di atas 800°C

- Warna beton akan berubah sejalan dengan perubahan temperatur yang terjadi, dimana perubahan warna ini ditentukan dari jenis agregat yang dipakai pada campuran beton.

Pada temperatur tinggi porositas akan meningkat (rata-rata membesar sebesar 7 kali dari temperatur normal), hal tersebut disebabkan terbentuknya retak mikro di dalam elemen beton sebagai akibat proses penguapan air bebas yang berlebihan. Peningkatan nilai porositas akan lebih besar terjadi pada WC Ratio yang besar

Pada temperatur tinggi permeabilitas akan meningkat, peningkatan nilai permeabilitas beton paling besar terjadi pada WC Ratio 0,60 dari pada WC Ratio 0,55 dan 0,50 yang mengakibatkan kekedapan beton berkurang, sehingga beton mudah terpengaruh oleh kondisi di luar lingkungannya.

Pada temperatur tinggi berat volume akan menurun, hal tersebut dikarenakan beton yang mulai keropos dan mempengaruhi berat dari beton.

Perilaku beton secara umum banyak berubah atau mengalami penurunan akibat temperatur tinggi. Dari penyelidikan di atas dapat disimpulkan bahwa dalam merencanakan sebuah bangunan

beton, sebaiknya menggunakan WC Ratio yang terkecil, karena setelah terjadi peningkatan temperatur sampai 1000° C, WC Ratio yang terkecil memiliki nilai kuat tekan yang lebih besar. Namun demikian dalam melakukan kajian terhadap bangunan struktur beton tidak seharusnya ditentukan oleh kekuatan betonnya saja namun harus diperhitungkan adanya material lain yang merupakan bagian tak terpisahkan dari keseluruhan struktur seperti tulangan baja, karena tulangan akan mempengaruhi kinerja beton. Untuk itu perlu ditindak lanjuti penelitian-penelitian yang menyangkut kebakaran pada elemen beton bertulang.

DAFTAR PUSTAKA

Adang S, Sosrowinarso G, W Merati, 1988, **"Perilaku Struktur Beton Bertulang terhadap Kebakaran dan Penanggulangannya setelah Kebakaran"**, Jurusan T Sipil ITB

Effendi, Achmad Hidajat dan Maryono. 2001.**"Pengaruh Penetrasi Termal terhadap Panel Beton Mutu K125, K175, K225"**.Jurnal Penelitian Permukiman Vol 17 No 2 PU Bandung

"Firesafety in Building and Housing", Proceeding Part I of The International Course Structural Safety Design for Building Engineers, 30th July to 26th August. Malhotra, HL.1982. **"Design of Fire Resisting Structures "**. Surrey University Press. New York

Masatomo Yoshida.1975.**"Fire Resistance Test (Japanese Industrial Standard A 1304)"**, General Building Research Corporation of Japan

Partowiyatmo, Amir. 1996. **"Efek Kebakaran pada konstruksi Beton Bertulang"**. Majalah Konstruksi Februari 1996

Portland Cement Association.1980. **" Principles of Quality Concrete"**.Jhon Wiley and sons, Inc. New York

Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman, Balitbang Departemen Pekerjaan Umum Bandung . 2000.